

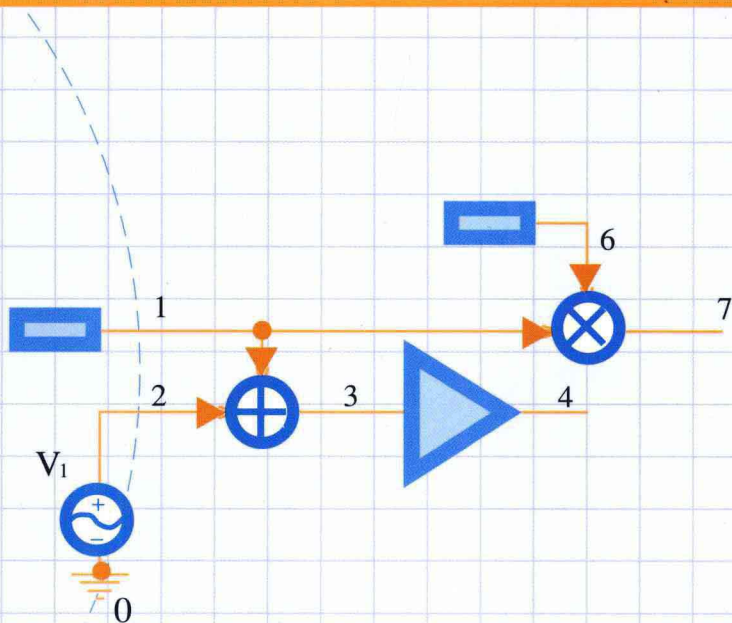
电子信息科学基础实验课程丛书

Electronic Circuit CAD

电子线路计算机辅助设计

基于Cadence PSD (OrCAD)

崔玉芹 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

电子信息科学基础实验课程丛书

Electronic Circuit CAD

电子线路计算机辅助设计

基于Cadence PSD (OrCAD)

● 崔玉芹 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电子线路计算机辅助设计: 基于 Cadence PSD (OrCAD)/崔玉芹编著. —北京: 北京大学出版社, 2008. 11

(电子信息科学基础实验课程丛书)

ISBN 978-7-301-13777-2

I. 电… II. 崔… III. 电子电路—电路设计: 计算机辅助设计—应用软件, Pspice—高等学校—教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 065639 号

本书所引用 Capture, PSpiceA/D, Layout 及相关 Orcad 系列产品中的屏幕画面、专有名词、命令功能、使用方法及程序叙述, 均得到北京迪浩永辉技术有限公司授权。如需了解该软件详细情况, 请登陆 Cadence 公司网站: <http://www.cadence.com/products/orcad/pages/default.aspx>。

书 名: 电子线路计算机辅助设计: 基于 Cadence PSD (OrCAD)

著作责任者: 崔玉芹 编著

责任编辑: 王 华

封面设计: 张 虹

标准书号: ISBN 978-7-301-13777-2/TN·0045

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 电子信箱: zpup@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752038 出版部 62754962

印 刷 者: 北京大学印刷厂

经 销 者: 新华书店

730 毫米×980 毫米 16 开本 27.5 印张 445 千字

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: (010)62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

内 容 简 介

传统的电子线路设计工作,需要有完备的元器件和仪器设备在实验室中反复调整测试才能完成。这需要消耗大量的时间、精力以及实验成本。随着计算机技术的发展,电子线路系统设计工作进入了计算机辅助设计阶段,电子设计CAD软件实现了计算机辅助设计的功能,本书是基于Cadence PSD(OrCAD)功能的电子线路计算机辅助设计,讲解了利用Cadence公司提供的电子CAD软件进行电子线路计算机辅助设计的过程。全书包含PSpice基本分析、PSpice高级分析、PSpice器件建模、PCB设计(Layout)和综合应用实例等五个部分。

本书可以作为大学本科生电子线路设计课程的实验指导用书,同时也适用于相关行业的专业人员使用。

序

本科教育是北京大学长远发展中最基础、最重要的工作之一,而实验教学是本科教育特别是一些基础学科教育的重要组成部分,是衡量学校教育质量的重要指标,是培养学生的实验能力以及实践与创新精神的重要过程,是培养高水平、创新型人才的重要手段,同时也是新的形势对高等教育教学的迫切要求,其作用是不可替代的。

我校根据改革开放以后国内高等教育形势、规模和人才需求结构的变化,借鉴国际上先进的教学理念并结合我国的实际情况,制定了“加强基础、淡化专业、因材施教、分流培养”的教学改革十六字方针。为了适应电子信息技术的发展,全面培养电子与信息科学类专业的高素质创新型人才,我校于2000年9月成立了北京大学电子信息科学基础实验中心,全面负责全校电子信息类基础实验课程的实施、改革和建设。

根据我校电子与信息科学类专业本科生理论基础扎实、人数相对工科院校较少的特点,近年来,实验教学中心进行了具有理院校特色的“电子信息科学基础实验课程体系”的建设。形成了包括5门必修课和10门颇具特色的选修课在内的,多层次的实验课程体系,并将专业基础实验课程纳入到课程体系中来。实验课程既与相应理论课程相互呼应,又保持了自身的体系与特色。

在学校和信息学院领导的关心和支持下,实验教学中心组织在教学第一线的骨干教师,总结多年来实践教学和改革经验,并参考兄弟院校的实践教学改革成果,编写了电子信息科学基础实验课程丛书。该套丛书具有理科特色,实验内容选择上注重深度,注重启发性、研究性和综合性,同时将EDA等技术有机地融入到实验课程中去,以便全面地培养学生的综合研究能力和创新意识。

本套丛书的筹划和编写得到了原电子学系主任王楚教授的关心和指导,实验教学中心顾问唐镇松教授、沈伯弘教授在整个编写过程中,都进行了严格把关和悉心指导。同时,学校和信息学院的领导都给予了大力支持和帮助。在此,向他们致以崇高的敬意,并表示衷心的感谢。向所有关心、支持和帮助过本丛书编写、修改、出版、发行工作的各位同仁致以诚挚的谢意。

限于作者的水平和经验,丛书中的疏漏和不足,敬请专家和读者批评指正,不吝指教。

北京大学

电子信息科学基础实验中心

2006年9月

前 言

电子线路广泛地应用于各个领域,从人们身边常用的电器到轮船出海、卫星上天,都离不开电子线路。电子线路设计更是相关领域中许多工程技术人员必须从事的工作。

传统的电子线路设计工作需要完备的元器件及仪器设备在实验室中反复调整测试才能完成。这需要消耗大量的时间、精力以及实验成本。

随着计算机的发展,电子线路及系统的设计工作已经进入了计算机辅助设计阶段。只要拥有一个强大的电子设计 CAD 软件及性能较好的计算机,繁重的实验设计工作及印刷电路板(PCB)的设计可以先由计算机完成,由人机交互方式得到满意的设计结果后再进行制作及调试工作。这样不仅节省了大量的实验设计成本和缩短了研发周期,更为设计人员提供了轻松快捷的设计方式和广阔的设计空间。

现代电子设计以器件模型为基础,通过数学计算的方法对电路进行仿真分析,利用计算机计算、存储、处理图形的高效率,对仿真电路进行各种性能的分析、计算、校验等工作。由计算机完成电子线路从设计调试到 PCB 图设计的全过程。

本书讲解以 Cadence 公司的电子 CAD 软件 OrCAD 为平台,基于 PSpice A/D 功能的电子线路计算机辅助设计。以教学及应用为目的编著各部分内容,适合作为大专院校电子线路计算机辅助设计的教学用书,也适合作为初学者快速掌握电子 CAD 的自学用书及各相关行业专业技术人员的参考用书。

教材的编写工作得到了北京大学教材立项的支持。

全书包含五个部分:

- 一、创建电路及 PSpice 基本分析
- 二、PSpice 高级分析
- 三、PSpice 器件建模
- 四、PCB 设计(Layout)
- 五、综合应用实例

本书作者崔玉芹自 1999 年以来一直从事电子线路计算机辅助设计课程的教学工作。本书是作者根据几年来的教学工作经验,在研究了该课程教学特点及实际设计工作需要的基础上编著的。为了便于初学者学习,本书第五部分引用了几位学生学习本课程的期末综合设计。

北京大学几位学生参加了本书的编写工作：李楠参加了第四部分的编辑工作；杨森、华远志、叶韵、吕佳楠参加了器件建模部分的资料整理工作；第五部分由徐小帆负责整理，该部分引用的是徐小帆、张夏、许诺、叶韵、巴因达拉等学生的期末综合设计。

全书的编写工作得到了北京大学教授唐镇松、李迎春、陈徐宗的支持和帮助。

北京迪浩永辉技术有限公司黄胜利先生为本书的编写提供了重要的支持和帮助。

对于参加及给予本书编写工作以支持和帮助的各位老师、学生、朋友，谨在此致以诚挚的感谢。

崔玉芹

2008年8月

目 录

第一部分 创建电路及 PSpice 基本分析

第一章 概述	(3)
§ 1.1 OrCAD 设计平台的结构	(3)
§ 1.2 PSpice A/D 的基本功能	(4)
§ 1.3 仿真文件	(7)
1.3.1 Capture 生成的文件	(7)
1.3.2 PSpice 生成的文件	(8)
§ 1.4 PSpice 文件存放的目录结构	(9)
§ 1.5 器件及器件库简述	(10)
第二章 Capture	(13)
§ 2.1 Capture 的结构	(13)
§ 2.2 Capture 的环境配置	(13)
2.2.1 Preferences	(14)
2.2.2 Design Template	(17)
2.2.3 Design Properties	(21)
2.2.4 Schematic Page Properties	(22)
§ 2.3 绘制电路图	(23)
2.3.1 建立 Project	(23)
2.3.2 电路图层次和页面的操作	(25)
2.3.3 单层电路	(26)
2.3.4 分层电路	(30)
§ 2.4 器件配置	(38)
2.4.1 直接配置器件参数	(38)
2.4.2 器件属性编辑器	(40)
§ 2.5 设置激励源	(40)
2.5.1 激励源简介	(40)
2.5.2 使用激励源符号设置激励源	(41)

2.5.3	复合激励源	(44)
2.5.4	编辑激励源	(49)
第三章	模拟电路的常规分析	(59)
§ 3.1	分析总类	(59)
§ 3.2	DC 分析	(59)
3.2.1	DC Sweep	(60)
3.2.2	Bias Point	(63)
§ 3.3	AC 扫描	(66)
3.3.1	AC 扫描分析	(67)
3.3.2	噪声分析	(69)
§ 3.4	参数分析	(70)
3.4.1	全局变量	(70)
3.4.2	温度分析	(79)
3.4.3	模型参数	(79)
3.4.4	电压源和电流源	(80)
§ 3.5	瞬态分析	(80)
3.5.1	Tran 分析用到的激励源	(80)
3.5.2	瞬态响应	(81)
第四章	PSpice 与 Probe 视窗的功能与管理	(87)
§ 4.1	概述	(87)
§ 4.2	电路中的测试符	(88)
§ 4.3	进入 Probe	(91)
4.3.1	Probe 窗口	(91)
4.3.2	基本设置	(92)
4.3.3	Probe 的命令	(93)
4.3.4	工具栏	(97)
§ 4.4	Probe 的约定、波形显示、运算符及函数	(101)
4.4.1	数字及单位	(101)
4.4.2	显示波形	(101)
4.4.3	运算符及函数	(102)
4.4.4	宏	(103)
§ 4.5	波形的观察与测量	(105)
4.5.1	测量	(105)
4.5.2	测量表达式	(106)
4.5.3	PSpice 提供的测量函数	(109)

4.5.4	波形信息及显示方式	(110)
4.5.5	傅立叶变换	(112)
§ 4.6	自定义测量函数	(113)
4.6.1	创建自定义的测量函数	(113)
4.6.2	编辑测量函数	(116)
§ 4.7	与 Probe 运行相关的文件	(123)
4.7.1	输入数据文件	(123)
4.7.2	cmd 文件	(123)
4.7.3	prb 文件	(123)
4.7.4	Probe 波形的复制	(124)
第五章	数字仿真	(125)
§ 5.1	概述	(125)
§ 5.2	数字激励	(126)
5.2.1	概述	(126)
5.2.2	用 DigStimn 定义激励源	(127)
5.2.3	创建时钟信号	(130)
5.2.4	用 Stimulus 编辑器定义总线激励源	(131)
5.2.5	STIMn 类器件定义激励源	(133)
5.2.6	FILESTIMn 类信号	(136)
§ 5.3	数字仿真	(138)
5.3.1	绘制电路图与设置仿真参数	(138)
5.3.2	数模混合仿真	(142)
§ 5.4	数字仿真的最坏情况分析	(143)
5.4.1	基本概念	(143)
5.4.2	逻辑分析步骤及其故障分析	(145)
第六章	仿真相关问题	(147)
§ 6.1	监测运行模式	(147)
§ 6.2	输出文件	(148)
§ 6.3	设定偏置条件	(150)
§ 6.4	PSpice 中的任选项设置	(153)
6.4.1	Analog Simulation	(153)
6.4.2	Output File	(155)
§ 6.5	收敛问题的分析和解决思路	(156)
6.5.1	关于收敛问题	(156)
6.5.2	直流偏置点的收敛	(160)

6.5.3 DC 扫描收敛	(162)
6.5.4 瞬态收敛	(162)

第二部分 PSpice 高级分析

第七章 高级分析准备	(167)
§ 7.1 基本介绍	(167)
§ 7.2 数据库	(168)
7.2.1 参数化器件	(168)
7.2.2 高级分析器件库的应用	(170)
第八章 灵敏度分析	(176)
§ 8.1 关于灵敏度分析	(176)
§ 8.2 建立电路	(176)
§ 8.3 设置参数化器件的误差参数	(178)
§ 8.4 运行仿真分析	(179)
§ 8.5 开始灵敏度分析	(180)
§ 8.6 分析结果说明	(181)
§ 8.7 处理分析结果	(181)
第九章 优化设计	(183)
§ 9.1 关于优化设计	(183)
9.1.1 概述	(183)
9.1.2 器件参数	(183)
9.1.3 优化指标	(183)
9.1.4 目标	(184)
9.1.5 约束	(184)
9.1.6 运行优化	(185)
§ 9.2 优化过程	(185)
9.2.1 工作流程图	(185)
9.2.2 在图形编辑器中设置电路	(186)
9.2.3 优化器的工作界面	(188)
9.2.4 优化模式及设置	(188)
9.2.5 导入及设置优化参数	(188)
§ 9.3 通过测量指标优化设计	(190)
9.3.1 导入及设置优化指标	(190)

9.3.2	运行优化分析	(191)
9.3.3	运行数据的显示与操作	(193)
§ 9.4	通过曲线拟合优化设计	(196)
9.4.1	概述	(196)
9.4.2	导入及设置优化指标	(196)
9.4.3	建立参考文件	(199)
9.4.4	运行优化	(201)
§ 9.5	器件模型参数的优化分析	(206)
§ 9.6	优化器的 Log 文件	(208)
§ 9.7	优化模式	(208)
第十章	Monte Carlo 统计分析	(210)
§ 10.1	概述	(210)
§ 10.2	Monte Carlo 分析的工作过程	(211)
10.2.1	在绘图页面绘制电路	(211)
10.2.2	在高级分析中设置 Monte Carlo	(212)
10.2.3	Monte Carlo 的运行及数据分析	(214)
第十一章	Smoke 极限分析	(221)
§ 11.1	Smoke 的工作流程	(221)
§ 11.2	创建仿真电路	(222)
§ 11.3	运行 Smoke 分析	(222)

第三部分 PSpice 器件建模

第十二章	建立和编辑器件模型	(227)
§ 12.1	概述	(227)
12.1.1	模型库及其配置	(227)
12.1.2	PSpice 模型库中的信息	(228)
12.1.3	建立和编辑模型的方法	(229)
§ 12.2	用模型编辑器创建器件模型	(230)
12.2.1	基于器件特性曲线创建器件模型	(230)
12.2.2	创建基于模板的器件模型	(236)
12.2.3	基于模板创建器件的应用	(241)
12.2.4	编辑模型文本	(243)
12.2.5	在 Capture 的图形编辑页面编辑器件参数	(244)

§ 12.3	建立子电路网表指令	(245)
§ 12.4	为器件加进 Smoke 参数	(250)
§ 12.5	编辑器件外形	(252)
第十三章	ABM 器件	(253)
§ 13.1	ABM 器件及其库文件	(253)
§ 13.2	控制系统器件	(253)
13.2.1	控制系统器件概览	(254)
13.2.2	基本元件	(255)
13.2.3	限幅器	(256)
13.2.4	切比雪夫滤波器	(257)
13.2.5	查表器件	(260)
13.2.6	数学函数	(262)
§ 13.3	PSpice 等效器件	(266)
13.3.1	概述	(266)
13.3.2	EVALUE 和 GVALUE 器件	(266)
13.3.3	EMULT、GMULT、ESUM 和 GSUM	(268)
13.3.4	查表(ETABLE 和 GTABLE)	(269)
13.3.5	频率响应表(EFREQ 和 GFREQ)	(270)

第四部分 PCB 设计(Layout)

第十四章	PCB 设计基础	(275)
§ 14.1	PCB 的分类及构成	(275)
14.1.1	PCB 设计概述	(275)
14.1.2	PCB 设计的基本原则	(277)
§ 14.2	PCB 板设计软件 Layout Plus	(278)
14.2.1	Layout Plus 简介	(278)
14.2.2	Layout Plus 启动及管理界面	(279)
14.2.3	Layout Plus 设计过程	(280)
第十五章	PCB 设计准备工作	(282)
§ 15.1	创建电路图及网表	(282)
15.1.1	创建电路图	(282)
15.1.2	建立网表	(284)

§ 15.2	编辑器件封装库	(285)
15.2.1	器件封装的编辑环境	(285)
15.2.2	编辑焊点	(288)
15.2.3	绘图及外框	(290)
§ 15.3	导入网表	(293)
15.3.1	启动 Layout Plus	(293)
15.3.2	导入网表	(293)
15.3.3	转换文件中的提示	(295)
15.3.4	进入 PCB 编辑窗口	(297)
§ 15.4	基本环境设置	(298)
15.4.1	系统环境设置	(298)
15.4.2	用户参数设置	(300)
15.4.3	颜色规则设置	(301)
15.4.4	自动备份设置	(302)
第十六章	布局布线	(303)
§ 16.1	手工布局	(303)
16.1.1	元器件基本操作	(303)
16.1.2	编辑元器件属性	(305)
16.1.3	元器件布局方式	(308)
§ 16.2	手工布线	(309)
16.2.1	安全距离和线宽	(309)
16.2.2	手工布线方式	(311)
16.2.3	手工布线的基本操作	(312)
16.2.4	手工布线其他操作	(315)
16.2.5	手工布线高级设置	(326)
§ 16.3	自动布局	(330)
16.3.1	自动布局基本操作	(330)
16.3.2	自动布局其他操作	(331)
16.3.3	自动布局高级设置	(334)
§ 16.4	自动布线	(336)
16.4.1	自动布线基本操作	(336)
16.4.2	自动布线其他操作	(337)
16.4.3	自动布线高级设置	(339)
第十七章	PCB 设计的后期处理	(345)
§ 17.1	PCB 板的后处理	(345)
17.1.1	障碍物基本操作	(345)

17.1.2	绘制板框和敷铜	(347)
17.1.3	字符编辑及器件重编号	(349)
17.1.4	装配孔及钻孔表	(351)
17.1.5	尺寸测量及标注	(354)
17.1.6	设计规则检查(DRC)	(355)
§ 17.2	文件的后处理	(358)
17.2.1	生成报表文件	(358)
17.2.2	PCB 设计预览	(359)
17.2.3	文件输出和打印	(361)

第五部分 综合应用实例

第十八章	均衡器的设计及仿真	(367)
§ 18.1	概述	(367)
18.1.1	简介	(367)
18.1.2	均衡器的种类	(367)
§ 18.2	均衡器的设计思路	(369)
18.2.1	调谐电路	(369)
18.2.2	缓冲电路	(370)
18.2.3	放大与输出电路	(371)
§ 18.3	仿真与优化	(374)
18.3.1	缓冲电路	(374)
18.3.2	100 Hz 调谐及放大电路	(376)
18.3.3	其他频率的调谐电路	(379)
§ 18.4	进阶测试	(379)
18.4.1	系统电路	(379)
18.4.2	优化输出信号	(380)
附录:	声音频率对人体的影响	(384)
第十九章	电子变调器	(385)
§ 19.1	引言	(385)
§ 19.2	设计原理	(385)
19.2.1	变调器的基本原理	(385)
19.2.2	电路原理	(386)
§ 19.3	电路设计	(386)
§ 19.4	电路仿真	(391)

第二十章 可编程函数发生器	(395)
§ 20.1 概述.....	(395)
§ 20.2 各部分电路介绍.....	(396)
20.2.1 数字输入	(396)
20.2.2 三角波生成器	(397)
20.2.3 矩形波生成器	(397)
20.2.4 正弦波生成器	(398)
20.2.5 抛物线波生成器.....	(399)
20.2.6 AM 调制信号生成器	(399)
20.2.7 功率放大器	(401)
§ 20.3 仿真结果及相关功能介绍.....	(401)
20.3.1 波形发生器	(401)
20.3.2 扫频信号的发生.....	(402)
20.3.3 调幅信号	(404)
§ 20.4 测量及优化过程.....	(404)
20.4.1 正弦信号的失真度测量	(404)
20.4.2 输出信号频率的优化	(404)
第二十一章 超声波电子驱鼠器	(407)
§ 21.1 系统简介.....	(407)
§ 21.2 各部分电路原理及仿真结果和分析.....	(407)
21.2.1 控制信号产生模块的分析	(407)
21.2.2 压控振荡器	(410)
第二十二章 数码显示八路抢答器	(413)
§ 22.1 功能及要求.....	(413)
§ 22.2 工作原理.....	(413)
§ 22.3 电路原理.....	(414)
22.3.1 输入电路	(415)
22.3.2 锁存器控制电路.....	(415)
22.3.3 数码显示电路	(416)
§ 22.4 电路仿真测试及结果验证.....	(416)
§ 22.5 PSpice 仿真及结果分析	(417)
§ 22.6 消抖电路.....	(419)
参考文献	(421)

第一部分

创建电路及 PSpice 基本分析